# ЭЛЕКТРОННЫЙ АТЛАС НЕЙТРОННЫХ СЕЧЕНИЙ.

**Бобро Д.Г.**[1]

1. *Славутичская лаборатория международных исследований и технологий (СЛАМИТ)*

В 1997г. Тихоокеанская северо-западная национальная лаборатория (PNNL) и Брукхевенская национальная лаборатория США (BNL) поставили и установили в СЛАМИТ оборудование и программное обеспечение, которое положило начало созданию первой в Украине Базы Ядерных Данных (БЯД).

Славутичская БЯД содержит практически все экспериментальные и теоретические ядерные данные, полученные мировым сообществом на сегодняшний день. Общий её объем составляет 1.7 Гигабайт информации, однако наибольший практический интерес представляют оцененные ядерные данные, выработанные на основе совокупности экспериментальных данных и теоретических моделей ядерных реакций, и на основе которых готовятся объектно-ориентированные библиотеки групповых констант.

В настоящее время в мире существует шесть региональных центров, в которых ведется работа с ядерными данными и которые обеспечивают потребности пользователей для применения в различных областях ядерных технологий. Это центры ядерных данных в Брукхевене (США), Сакле (Франция), МАГАТЭ (Австрия), Обнинске (Россия), в Японии и Китае. Все эти центры, также как и Славутичская БЯД, для работы с оцененными ядерными данными используют формат ENDF. Комплексы установленных сервисных программ, обслуживающих ядерные данные, предоставляют пользователю широкие возможности по их обработке, однако заложенные в них возможности графического отображения оцененных и экспериментальных данных оставляют желать лучшего.

Первой практической работой по расширению возможностей графического представления ядерных данных Славутичской БЯД была разработка в 1997-99гг. программы графического представления экспериментальных ядерных данных ZVView, разработанной сотрудником НЦ ИЯИ Зеркиным В.В. (г.Киев). Следующим шагом в данном направлении стала разработка в 1999-2000гг. программы графического отображения оцененных ядерных данных, выполненная сотрудниками Славутичского отделения МЧЦ Бобро Д.Г., Антоновым Е.А. и Ярославцевым К.Г. В настоящем докладе и пойдет речь о данной программе – электронном атласе нейтронных сечений (заказать его можно в СЛАМИТ).

Данная программа имеет дружественный интуитивно понятный интерфейс и позволяет представить в наглядном виде графики наиболее интересных энергетических зависимостей сечений взаимодействия нейтронов, полученных по оцененным данным. По своим потребительским качествам она наиболее близка к английской программе JEF-PC version 2.0, однако имеет ряд дополнительных функций, в том числе предоставляет пользователю расширенную ядерно-физическую справочную информацию по выбранным ядерным реакциям и нуклидам.

Программа может работать с тремя типами входных файлов:

1. в режиме ввода данных из базы – файлы формата “узкой” таблицы (80 символов в строке), полученные стандартными утилитами ENDF;
2. в режиме ввода данных формата ENDF – программа может обрабатывать как обработанные с помощью программ CULLEN данные, так и данные, полученные непосредственно из Банка Ядерных Данных и сохраненные в формате ENDF;
3. в режиме ввода данных формата PENDF, полученных с помощью кода NJOY94/97/99 (программа может обрабатывать только файлы, содержащие данные по одному изотопу для одной температуры).

Исходные данные по энергетическим зависимостям сечений взаимодействия нейтронов в диапазоне от $1E^{-5}$ еВ до 20 (150) МеВ взяты из Славутичского Банка Ядерных Данных, в котором они хранятся в формате ENDF.

Банк содержат библиотеки ядерных данных всех ведущих мировых ядерных центров – ENDF/B-VI (США), JEF-2 (NEA, Франция), CENDL-2 (Китай), JENDL-3 (Япония), БРОНД-2 (Россия). Ядерные данные последний раз обновлялись в декабре 1999г.

Подготовка исходных “необработанных” данных осуществлялась стандартными средствами ENDF (данные по сечениям сохранялись в файлах в виде “узкой” таблицы с помощью утилит ENDF). Всего с использованием библиотеки оцененных данных (ENDF) БЯД СЛАМИТ были подготовлены специализированные справочные библиотеки нейтронных данных для 230 изотопов.

Подготовка “обработанных” данных осуществлялась с помощью сервисных программ ENDF Pre-processing Codes (CULLEN Linear - линеаризация, Recent - данные из резонансной области и Sigma1 - температурное смещение) с погрешностью не более 1%; входные и выходные файлы формата ENDF. Всего были подготовлены специализированные справочные библиотеки нейтронных данных для 120 изотопов, определяющих ядерную и радиационную безопасность ядерных объектов.

В прилагаемой к программе базе приведены данные по сечениям взаимодействия нейтронов для следующих типов ядерных реакций:

- *N,Total (полные нейтронные сечения).*
- *N,Elastic (данные по всем сечениям упругого рассеяния).*
- *N,NonElastic (данные по всем неупругим взаимодействиям).*
- *N,Inelastic (неупругое рассеяние).*
- *N,Fission (данные по сечениям деления).*
- *N,Alpha (данные по реакциям с вылетом альфа-частиц).*
- *N,Gamma (данные по радиационному захвату).*
- *N,2N (данные по реакции с вылетом двух нейтронов).*
- *N,P (данные по реакциям с вылетом протона).*
- *N,D (данные по реакциям с вылетом дейтона).*

Для файлов, представленных в формате ENDF или PENDF доступны также данные по некоторым другим реакциям, которые могут быть считаны непосредственно из файла:

- *Absorption (поглощение).*
- *Реакция захвата нейтрона с испусканием трития (n, t).*
- *Неупругое рассеивание нейтрона на ядре с вылетом альфа-частицы (n, n'α), протона, (n, n'p), ядра дейтерия (n, n'd), двух альфа-частиц (n, n'2α).*
- *Реакции с вылетом 3-х и более нейтронов (n, 3n), (n, 4n).*
- *Реакции захвата нейтрона с вылетом двух протонов (n, 2p), двух альфа-частиц (n, 2α), двух нейтронов и альфа-частицы (n, 2nα), протона и альфа-частицы (n, pα), двух нейтронов и двух альфа-частиц (n, 2n2α)* .

Необходимо отметить, что используя режим ввода по маске (задавая номер файла MF и номер реакции MT из файла ENDF/PENDF) на график можно вывести любые имеющиеся данные.

**Принцип работы программы** заключается в следующем: подготовленные ядерные данные, хранящиеся в соответствующих файлах на CD-ROM-е, по запросу пользователя выводятся в графическом виде на экран монитора.

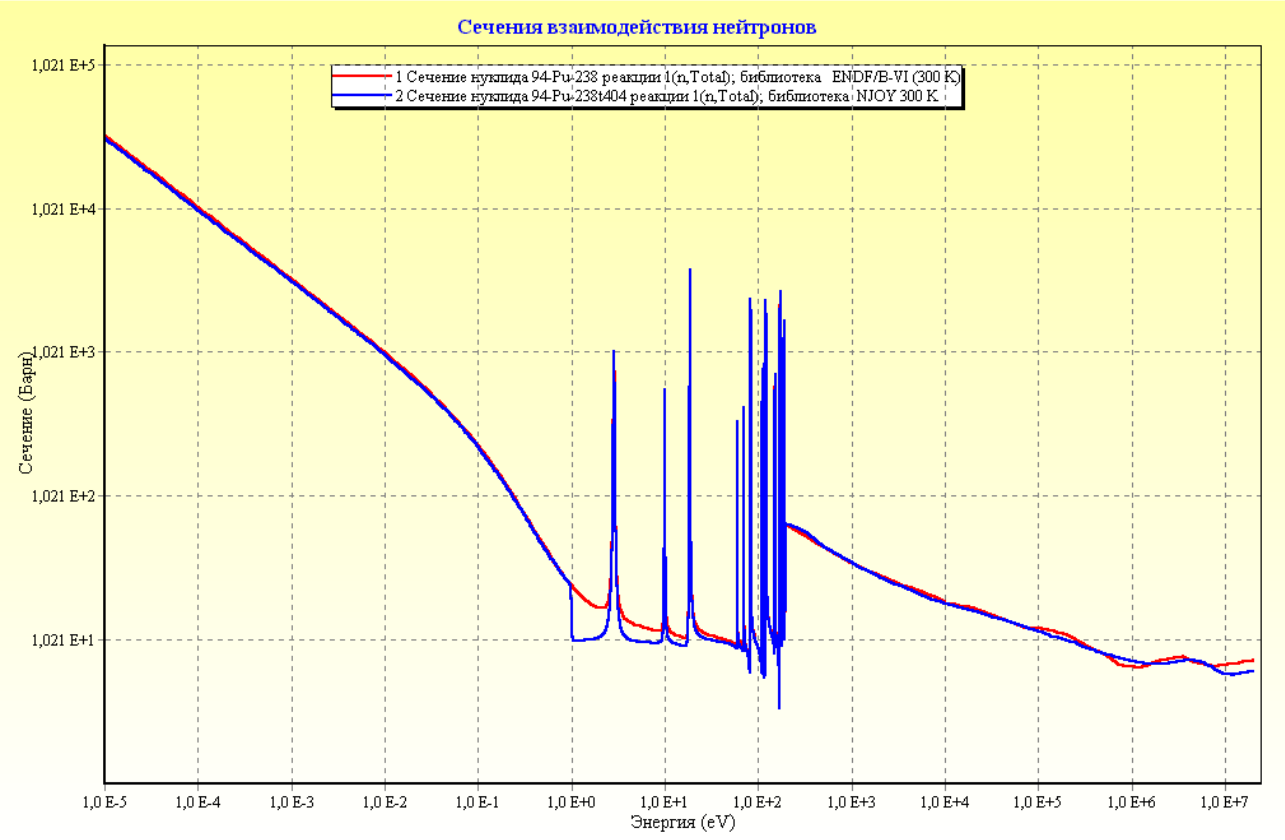
Всего одновременно на график может быть выведено до 8-и сечений. Встроенные сервисные функции позволяют интерактивно изменять графические настройки (масштаб осей, типы функциональных зависимостей по осям, вывод текущего значения, значения по отметкам, сами отметки), проводить выделение интересующего участка (ZOOM), стирать отдельные ненужные сечения и т.п..

Полученные графические результаты могут быть выведены на печать или скопированы в буфер обмена в виде рисунка либо метафайла. Для использования численных данных другими программами (например, Microsoft Excel) по отдельным сечениям предусмотрен режим их сохранения в виде текстового файла, состоящего из двух столбцов – столбца энергий и столбца сечений.

При работе с полученными графиками становиться доступным режим вывода контекстно-зависимой ядерно-физической информации, т.е. режим вывода описаний физических свойств конкретного изотопа и особенностей конкретного вида ядерной реакции. Данный раздел был подготовлен совместно со специалистами кафедры ядерной физики Киевского Национального Университета им. Тараса Шевченко.

Необходимо отметить, что быстрая и простая визуализация данных по нейтронным сечениям позволяет провести экспресс-оценку подготовленных ядерных данных, рассмотреть особенности различных библиотек и результатов работы различных программ обработки ядерных данных.

Так, на следующем рисунке представлены полные сечения изотопа Pu-238, полученные с помощью программы CULLEN (для ядерных данных, взятых из библиотеки ENDF/B-VI) и программы NJOY94 (для ядерных данных, взятых из библиотеки ENDF/B-IV).




Используя On-Line доступ к Славутичской Базе Ядерных Данных, Вы можете подготовить свои файлы данных и просмотреть их с помощью данной программы. Необходимо отметить, что для корректной работы программы перенос файлов с помощью FTP должен осуществляться в режиме переноса ASCII-файлов.